

Použitie kompresného oblečenia u bežcov: áno, nie?

The use of compression clothing for runners: yes, no?

Ivan Struhár

Fakulta sportovních studií, Masarykova univerzita v Brně

Abstrakt

Hlavným cieľom práce bolo priblížiť čitateľovi potencionálny efekt využívania kompresného oblečenia (KO) u bežcov. Čitateľovi práce chceme poskytnúť objektívny pohľad na využívanie kompresných podkoleniek (KP) a návlekov na trojhlavom svale lýtky v športe. Uvedená práca nie je metaanalýzou, článok poskytuje základné informácie a uvádza čitateľa práce do problematiky využívania KO. V práci sa zameriavame na uvedenie vybraných parametrov, ktoré priamo, resp. nepriamo determinujú výkon a ovplyvňujú schopnosť podať opakovaný výkon. V odbornej literatúre sú v súčasnosti popisované dva účinky (zvýšenie žilného prietoku a redukcia svalových oscilácií), ktoré do výkonu výrazne zasahujú a môžu ho ovplyvňovať. Pri narastajúcej popularite využívania kompresie v rekreačnom a vrcholovom športe považujeme za kľúčové reálne posúdenie možných efektov. V tomto ohľade je súčasná odborná literatúra nejednotná. V prácach nachádzame výrazné potenciálne možné využitie KO, ktoré ovplyvňuje výkon i regeneráciu. Na druhej strane celá rada štúdií konštatuje žiadny alebo minimálny efekt na športový výkon a regeneráciu (hodnotené prevažne výkonové a biochemické parametre). Jednotlivé zistené dáta je však veľmi zložité porovnať, nakoľko prevažná väčšina prác neuvádza veľkosť pôsobiacej kompresie. V tomto bode chceme čitateľa práce upozorniť na základný problém, ktorý výrobca, resp. predajca KO častokrát neuvádza v informačnom popise produktu a to je práve veľkosť pôsobiacej kompresie. Preto považujeme za žiaduce ďalšie výskumné zámery smerovať do zistenia optimálneho tlaku pre výkon a regeneráciu. Uvedený zámer nám logicky nadväzuje na zistenie, že ak rozdielne kompresné tlaky vykazujú v sledovaných parametroch rozdielne výsledky, potom pravdepodobne bude existovať akýsi zlatý štandard voľby tlaku v závislosti od druhu vykonávanej pohybovej aktivity.

Abstract

The main aim of this article is to emphasize the potential effect of compression clothing in a group of runners. We want to provide an objective view on evaluation of the advantages or potential risks in the use of compression clothing (socks or calf sleeves). This work is not a metanalysis, the purpose of this study provides basic information about the use of compression clothing. The work focuses on selected parameters which directly or indirectly determine the sport performance and affects the ability to repeat the sport performance. The scientific literature describes only two potential effects of compression clothing (increased venous flow and reduced muscle oscillation). As with most trends that come and go in sports, it takes a while to evaluate with the practice for the science. In our work, we focus on selected parameters with regard compression value. Based on scientific sources, the effect of compression clothing for sport performance and recovery is unclear. It is also caused by applied compression which is not also written in scientific literature. At this point, we want to emphasize this fact is probably important not only for future study design but also for customers. It makes sense if the different compression pressure lead to different results then it should exist the gold standard depending on the pressure and types of physical activity.

Klíčové slova

beh, tlak, kompresia, prevalencia zranení

Key words

running, pressure, compression, prevalence of injuries

Článok vznikol na Masarykovej univerzite v rámci projektu „Vliv kompresních nápleků na sportovní výkon a regeneraci» číslo 1212/2015 podporeného z prostriedkov účelovej podpory na špecifický vysokoškolský výskum, ktorú poskytl MŠMT v roku 2016.

ÚVOD

V súčasnosti sme svedkami stále sa rozširujúceho používania kompresných podkoleniek (KP) nielen vo vrcholovom, ale i v rekreačnom športe. Vysoký výskyt používania je najviac viditeľný v jednom z fenoménov súčasnej doby a to je beh. Beh sa stal masovo rozšírenou záležitosťou, ktorú najlepšie dokumentuje neustále narastajúci počet bežeckých pretekov a snaha o neustále sa zlepšenie individuálneho výkonu každého jednotlivca. Svojou dostupnosťou a relatívnou materiálnou nenáročnosťou predstavuje ľahko dostupný prostriedok v prevencii chronických neinfekčných ochorení. Na druhej strane považujeme za potrebné zmieniť i fakt, ktorý častokrát nebýva uvádzaný pri objektívnej kritike zdravotných rizík súvisiacich s behom a to prípadný výskyt zranení u rekreačných a začínajúcich bežcov (odborná literatúra používa termín *running-related injuries*). Odborná literatúra býva v tejto problematike značne rozdielna, udávajúca incidenciu zranení v rozmedzí od 18 % do 92 % (van Gent et al., 2007; Van Middelkoop, Kolkman, Van Ochten, Bierma-Zeinstra, & Koes, 2008). Najväčší výskyt je pri tom zaznamenaný v oblasti dolných končatín (van Gent et al., 2007). Popri výskyte zranení, sú v odbornej literatúre rovnako diskutovanou témou faktory, ktoré priamo determinujú prevenciu (Buist, Bredeweg, Lemmink, van Mechelen, & Diercks, 2010; McCormick, Nwachukwu, & Provencher, 2012). Týždenný objem tréningu (najčastejšie udávaný v odbehnutých kilometroch), časová dĺžka tréningu, frekvencia počas týždňa a predchádzajúce zranenie sú najčastejšie faktory, ktoré ovplyvňujú celkovú prevalenciu zranení u bežcov (Buist et al., 2010; Satterthwaite, Norton, Larmer, & Robinson, 1999). Zaujímavé zistenia však prinášajú štúdie, ktoré hľadajú vzájomný korelačný vzťah medzi výskytom zranení u začínajúcich a rekreačných bežcov a typom používanej obuvi, vekom používanej obuvi, rozcvičením pred behom, povrchom, na ktorom je realizovaná prevažná časť behu, sklonom terénu a strečingom po skončení behu (Taunton et al., 2002; Ferber, Davis, & Williams, 2003; Orchard, Seward, McGivern, & Hood, 2001; Videbæk, Bueno, Nielsen, & Rasmussen, 2015). Na základe preštudovaných štúdií však vyslovujeme zistenie, že medzi vyššie uvedenými faktormi a prevalenciou zranení nebol zistený štatisticky významný vzťah potvrdzujúci vyššiu prevalenciu zranení v behu (Taunton et al., 2002; Ferber, Davis, & Williams, 2003; Orchard, Seward, McGivern, & Hood, 2001). Na druhej strane poukazujeme na mieru zaradenia používanej regenerácie po skončení zaťaženia, ktorá je naprieč všetkými úrovňami bežcov rozdielna. Nami vyslovený predpoklad opäť môžeme dať do súvislosti so zraneniami, ktoré u začínajúcich bežcov dosahujú na základe metaanalýzy (práca vyslovuje zistenia na základe analýzy 815 abstraktov a 13 článkov) 17,8 (95 % CI 16,7–19,1) zranení na 1000 hodín behu (Videbæk, Bueno, Nielsen, & Rasmussen, 2015).

Regenerácia je dôležitým aspektom vykonávania akejkolvek pravidelne realizovanej pohybovej aktivity (PA). Na druhej strane, veľká časť športujúcej populácie považuje zaradenie regeneračných prostriedkov len za akýsi nadštandard, ktorý je priamo spojený len s vrcholovým športom. Z dostupných a najčastejšie používaných regeneračných prostriedkov u bežcov je to masáž, strečingové cvičenia po skončení výkonu, negatívna termoterapia a kontrastné formy termoterapie. V súčasnej dobe však zaznamenávame nárast popularity u relatívne novej formy v rámci regenerácie a to KO (v našom prípade kompresné podkolenky a kompresné návleky na trojhlavý sval lýtky). Vzhľadom k relatívne časovej, ale i finančnej náročnosti najčastejšie používaných regeneračných prostriedkov, si kompresné podkolenky (KP), resp. kompresné návleky na trojhlavý sval lýtky (KNTSL) získali všeobecnú a akceptovanú obľubu u rekreačných i výkonnostných bežcov. V prípade použitia KP/KNTSL sa v športe najčastejšie využíva tzv. stupňovaná kompresia. Tento prístup svoje maximálne hodnoty dosahuje v oblasti členka s postupným znižovaním kompresie smerom k najširšej časti trojhlavého svalu lýtky.

Dôvody používania kompresných podkolienok, resp. náplekov na trojhlavý sval lýtky u bežcov:

V posledných 10 rokoch zaznamenávame rozšírené používanie KO u rekreačných, ale i vrcholových športovcov. KP boli pôvodne vyrobené pre osoby trpiace chronickou žilovou insuficienciou, pri ktorej dochádza k hromadeniu krvi a zvýšenému krvnému tlaku v žilách dolných končatín, čo sa u osoby prejavuje opuchom a pocitom ťažkých až unavených nôh. Mechanizmus účinku je pomerne jednoduchý. KP obopínajú obvod končatiny tlakom, ktorý spôsobí vyprázdnenie chorobne rozšírených žíl. Výsledkom je opätovné navrátenie uzatvárania žilových chlopní, čím sa zvýši rýchlosť prúdenia žilovej krvi a takisto návrat krvi smerom k srdcu (O'Meara, Cullum, Nelson, & Dumville, 2012; Pascarella & Shortell, 2015). Pri hodnotení dôvodov používania KO u bežcov je nutné konkrétne objektivizovať dôvody používania. Na jednej strane výrobcovia s cieľom zvýšenia predaja deklarujú zlepšenie regenerácie, zvýšenie sily a športového výkonu, ale vzhľadom k rozšírenému používaniu je nutné kriticky zhodnotiť ich vplyv a dopad na fyziologické a výkonové parametre. Odborná literatúra k danej problematike najčastejšie hodnotí parametre a to hodnotu laktátu, hodnotu kreatínkinázy, svalovú silu, rozsah pohybu, regeneráciu a subjektívne vnímanie bolesti (A. Ali, Caine, & Snow, 2007; Areces et al., 2015; Born, Sperlich, & Holmberg, 2013; Bovenschen, Booij, & van der Vleuten, 2013;). Na druhej strane, snaha o jasné zdôvodnenie primárnej otázky týkajúcej sa presnej odpovede o využiteľnosti KO u bežcov je veľmi problematická vzhľadom k pohlaviu, rozdielnym testovacím protokolom, dizajnom výskumu, veľkosti použitej kompresie, časovej expozícii nosenia KP/KNTSL, výkonnosti športovca, ale i mierou využívanej regenerácie (A. Ali, Caine, & Snow, 2007; Kraemer et al., 2010; French et al., 2008; Born, Sperlich, & Holmberg, 2013).

Literatúra najčastejšie popisuje dva možné mechanizmy účinku pôsobenia KP, resp. KNTSL u bežcov. Prvým mechanizmom účinku je zvýšenie žilného prietoku v oblasti trojhlavého svalu lýtky, ktorý môže byť dôsledkom pôsobenia tlakového gradientu príslušného KO. Následné zvýšenie žilného návratu môže pôsobiť na zvýšenie srdcového výdaja a minútového srdcového objemu a tým teoreticky viesť k zníženiu srdcovej frekvencie na príslušnej úrovni fyzického zaťaženia (Bovenschen, Booij, & van der Vleuten, 2013). Uvedený efekt by tak teoreticky mohol byť považovaný za výrazný benefit, napríklad v zmysle zlepšenia výkonu formou posunutia anaeróbného prahu, ak by sme ho určovali pomocou hodnoty srdcovej frekvencie športtesterom. Avšak v tomto ponímaní je diskutabilné prisudzovať uvedené vyššie hodnoty srdcovej frekvencie na úrovni anaeróbného prahu práve kompresným náplekom, vzhľadom k nedostatku štúdií a príliš krátkej adaptácii, ktorá by teoreticky mohla viesť k srdcovej bradykardii. Podobným uvažovaním, ktoré ovplyvňuje športový výkon, je schopnosť svalu využívať dostupný kyslík. Okysličenie svalového tkaniva je priamo spojené s rovnováhou, ktorá vzniká medzi jeho spotrebou a požiadavkou. I keď požiadavky na zásobenie svalového tkaniva sú pre danú úlohu relatívne konštantné, dôležitým komponentom zostáva práve rýchlosť doplnenia vzhľadom k potrebám tkaniva, ktorá priamo koreluje s krvným prietokom. Ďalším podstatným faktom, ktorý je stále nejasne popisovaný, je možný efekt KO na okysličenie svalového tkaniva po skončení zámernej pohybovej aktivity. Tým pádom by potom teoreticky existoval i ďalší dôvod používania KP/KNTSL v čase po skončení zámernej realizácie pohybovej aktivity. V tomto kontexte objektívnej kvantifikácie saturácie kyslíka a hemodynamických zmien by bolo možné použiť infračervenú spektroskopiu (v tomto prípade blízku infračervenú spektroskopiu) (T. Sako, Hamaoka, Higuchi, Kurosawa, & Katsumura, 2001; Takayuki Sako, 2010). Svalové *okysličenie posúdené* blízkou infračervenou spektroskopiou poskytuje neinvazívny monitoring relatívnej zmeny v hodnotách oxyhemoglobínu a deoxyhemoglobínu (celková koncentrácia hemoglobínu je sumou medzi oxyhemoglobínom a deoxyhemoglobínom). Vplyvom vonkajšieho pôsobenia (v našom prípade externým pôsobením tlaku na trojhlavý sval lýtky) predpokladáme zlepšenie prietoku krvi v kapilárnom riečiisku s následným zlepšením perfúzie a lepšej využiteľnosti kyslíka práve svalovým tkanivom. Tento potencionálny benefit je nielen dôležitý pri výkone trvajúcom niekoľko desiatok minút, ale i v prvých sekundách bezprostredne po začiatku pohybovej aktivity. V tomto časovom úseku, pred

dosiahnutím ustáleného stavu medzi prísunom a spotrebou kyslíka by rýchlejšie dosiahnutie tzv. *steady state* znamenalo rýchlejšiu dostupnosť kyslíka pracujúcim svalom.

V nadväznosti na predchádzajúce, dôležitú úlohu zohráva nielen samotný tlak (v mmHg), ale i pozícia tela v čase nosenia kompresného návleku a takisto po skončení zámernej aktivity. Krv je z dolných končatín odvádzaná povrchovým a hlbokým žilným systémom. Tieto dva systémy sú vzájomne prepojené, pričom žily dolných končatín pomocou chlopni umožňujú tok krvi iba jedným smerom (smerom nahor z dolných končatín). Krv navyše môže postupovať len z povrchového do hlbokého systému (s výraznou pomocou svalovej pumpy), ktorým je väčšina krvi odvádzaná smerom k srdcu. Tu vidíme značný benefit externého pôsobenia kompresného návleku na žilný systém, ktorý má nevýhodu oproti arteriálnemu, nakoľko cirkulácia žilnej krvi nie je podporená vypudením krvi zo srdcového svalu pod tlakom. Ďalším podstatným sťažením pre žilný systém je samotná vzdialenosť dolných končatín od srdca a fakt, že táto vzdialenosť je prekonávaná proti gravitačnej sile. Častokrát menej popisovanou skutočnosťou, ktorá hrá významnú úlohu v žilnej cirkulácii, je hydrostatický tlak a kapacitancia ciev. Žilný tlak je závislý na polohe tela, pričom však platí, že neustále nasleduje tlakový gradient.

Periférna pumpa trojhlavého svalu lýtky je veľmi efektívny nástroj žilného návratu krvi, avšak iba v prípade kontrakcie svalu. V prípade obmedzeného pohybu kontrakcie svalu sa systém dostáva do situácie, keď sa zväčšuje kapacitancia a postupne začne prevládať hydrostatický tlak. Dlhodobý nepomer v prospech hydrostatického tlaku zo sebou nesie negatívne konsekvencie v podobe opuchu, zmien pigmentácie a ďalšie, ktoré sú typické pre chronickú žilnú insuficienciu. Práve pôsobenie externého činiteľa (kompresného návleku) podporuje návrat žilnej krvi, zlepšuje tým okysličenie tkaniva a takisto rýchlejšie odstránenie metabolitov. Nielen po celodennej práci v sede, resp. v stojí sa objavuje tzv. *syndróm ťažkých nôh*. V tomto prípade však subjektívne vnímanie pocitu ťažkých nôh má i svoje reálne opodstatnenie. Zvýšenie objemu dolnej končatiny však môžeme zaznamenať počas, ale i bezprostredne po behu. Jedná sa plne o fyziologický a vôbec nie patologický stav. Redukcia tohto stavu sa tým pádom stáva zaujímavou i pre samotných bežcov, vzhľadom k zníženiu celkovej hmotnosti dolnej končatiny pri vykonávanej flexii v bedrovom kĺbe. Na prvý pohľad úplne bezvýznamná redukcia v gramoch opakovaná pri každom kroku sa stáva zaujímavou pri subjektívnom hodnotení bolesti po skončení behu. Následne nám vzniká hypotéza, ktorá by mala odpovedať na to, či sa zvýšenie žilného návratu krvi prejaví znížením objemom dolnej končatiny, resp. podobným objemom dolnej končatiny pred a po skončení behu. V prípade nezamietnutia tejto hypotézy by sme mohli povedať, že samotná hmotnosť dolnej končatiny je takisto jedným z mnohých determinantov športového výkonu, v našom prípade behu. V tomto kontexte v rámci objektívneho hodnotenia môže slúžiť práve perometer, ktorý pomocou optoelektronických snímačov určí objem končatiny (v ml). Efekt KO na zmeny objemu dolnej končatiny vplyvom behu nachádzame v štúdií (Bovenschen et al., 2013), kde autori na vzorke 13 probandov (vek $40,5 \pm 15,8$ rokov; telesná výška $1,73 \pm 0,77$ m; telesná hmotnosť $67,0 \pm 9,1$ kg; priemerný počet nabehaných km/týždeň $12,3 \pm 3,2$; priemerná rýchlosť behu/týždeň $11,7 \pm 1,3$) porovnávali účinnosť KP na zmeny objemu dolnej končatiny po behu na 10 km. Kompresia bola aplikovaná iba na jednu dolnú končatinu (veľkosť kompresie bola v rozmedzí 25 – 35 mmHg s najväčším tlakom v oblasti členkového kĺbu). V post-teste, ktorý nasledoval ihneď po skončení behu nachádzame štatistický významný rozdiel ($p = 0,04$) pri porovnaní končatiny s kompresiou a bez kompresie ($6,7 \pm 9,4$ ml vs. $7,4 \pm 7,4$ ml). Ergogénny prostriedok v podobe kompresného návleku je tak dovoľeným prostriedkom, ktorý ovplyvňuje výkon. Samotný žilný návrat však nie je podporovaný iba svalovou pumpou lýtkového svalu. Komplex podpory je ďaleko zložitejší a zahrnuje oproti konvenčnému popisu proximálnej i distálnej časť svalovej pumpy lýtkového svalu (Moffat, 1990). Distálna časť svalovej pumpy lýtkového svalu je aktivovaná vykonaním dorzálnych flexií v oblasti členkového kĺbu, ktorá následne podporí vypudenie krvi smerom k srdcu. V systéme návratu žilnej krvi z dolnej končatiny má svoj nezastupiteľný význam tzv. *nožná pumpa*. Plantárne žily sú vzájomne prepojené medzi základňou štvrtého metatarzu a vnútorným členkom (Meissner, 2005). V prípade zaťaženia dolnej končatiny pozorujeme natiahnutie vnútornej a vonkajšej pozdĺžnej klenby, ktorá spôsobí i natiahnutie plantárnych žíl. Tento stav je sprevádzaný práve vypudením

krvi smerom k srdcu. Na základe tohto efektu kompresie je tento stav umocnený najmä pri kontakte chodidla s pevnou podložkou (chôdza, beh).

Druhým mechanizmom účinku pôsobenia je redukcia svalových oscilácií pri behu. Táto oblasť hodnotenia je stále predmetom nízkeho záujmu v odbornej literatúre. V tejto oblasti sa skôr preferuje hodnotenie kompresných stehnových návlékov. V prípade hodnotenia vplyvu kompresie nachádzame zaujímavú štúdiu, ktorá hodnotí účinok kompresného stehnového návleku na prípadnú redukciu svalových oscilácií. Autori s využitím kamerového systému hodnotili vplyv kompresného oblečenia na atletický výkon u atlétov špecializujúcich sa na šprinty a skokové disciplíny (10 mužov: telesná výška $1,79 \pm 0,07$ m; vek $20,0 \pm 0,9$ rokov; telesná hmotnosť $74,1 \pm 8,3$ kg; 10 žien: telesná výška $1,69 \pm 0,03$ m; vek $19,2 \pm 1,3$ rokov; telesná hmotnosť $60,2 \pm 5,2$ kg). Hodnotenými parametrami boli predozadné oscilácie stehnového svalu počas vertikálneho výskoku po dopade na podložku, zmena teploty svalu, rozsah pohybu v kolennom a bedrovom kĺbe, výška vertikálneho výskoku. V prípade redukcie svalových oscilácií autori poukazujú na signifikantnú zmenu v zmysle zníženia v porovnaní s kontrolnou skupinou ($p = 0,013$). Dôležitým zistením je testovanie mechanického aspektu kompresného návleku na rozsah pohybu v bedrovom kĺbe. V prípade nerozlišovania pohlavia, autori poukazujú na štatisticky významnú zmenu ($p < 0,05$) v zmysle zvýšenia momentu sily kompresného návleku o 53–91 % pri 127° flexii v bedrovom kĺbe (Doan et al., 2003). Tu vidíme značný benefit i pre samotný beh. Na základe výsledkov zvýšenia momentu sily vplyvom kompresného návleku môžeme predpokladať i efekt akejsi prenesenej asistencie svalom zadnej strany stehna. Význam tejto asistencie vidíme hlavne v spomalení končatiny na konci flexie v bedrovom kĺbe a to hlavne pri behu v švihovej fáze krokového cyklu. Kompresný návlek redukuje excentrickú kontrakciu svalov zadnej strany stehna a tým pádom je i možným činiteľom znižujúcim svalové zranenia v tejto oblasti.

Výber kompresných podkolenok a kompresných návlékov na trojhlavý sval lýtky u bežcov:

Vzhľadom k narastajúcej popularite KO zaznamenávame i tomu zodpovedajúci záujem výrobcov poskytnúť tento produkt čo najširšiemu spektru záujemcov. Kľúčová informácia akou je veľkosť kompresie (v mmHg), je však uvádzaná iba v minimálnom množstve produktov. Preto reálny výber vzhľadom k očakávanému účinku a tomu zodpovedajúca informovanosť nakupujúceho je v tomto smere nedostatočná a v mnohých ohľadoch zavádzajúca. V prípade návrhu kompresného produktu je dôležitá vzájomná interakcia medzi štruktúrou, elastickými vlastnosťami materiálu, veľkosťou a tvarom končatiny. Avšak k týmto faktorom je potrebné pridať i šírku daného produktu a počet vrstiev materiálu. Ak by sme uvažovali napríklad o návleku v šírke 20 centimetrov s určitou veľkosťou pôsobiacej sily, vytvorený tlak bude o polovicu nižší v porovnaní s návlekom, ktorého šírka by bola 10 centimetrov v prípade rovnako veľkej sily. Rovnako počet vrstiev materiálu je faktorom, s ktorým dnešné KP alebo KNTSL pracujú iba veľmi zriedkavo. Teoreticky, v prípade dvoch alebo troch vrstiev elastického materiálu sa veľkosť v prípade rovnako veľkého napätia dvojnásobne, respektíve trojnásobne zväčší v ktoromkoľvek bode na povrchu dolnej končatiny s KO.

Základom teórie predpokladanej kompresnej terapie je Laplaceov zákon, podľa ktorého môžeme predpokladať tlak, ktorý je vyvinutý na guľovité teleso. Tlak je priamo úmerný povrchovému napätiu a nepriamo úmerný polomeru tohto telesa (Dias, Yahathugoda, Fernando, & Mukhopadhyay, 2003). To znamená, že v prípade konštantnej veľkosti pôsobiaceho tlaku je tento tlak väčší v časti telesa s väčším polomerom. V našom prípade, klesajúci výsledný tlak je daný morfológiou nohy (časť medzi členkom a najširším miestom trojhlavého svalu lýtky má tvar podobný zrezanému rotačnému kužeľu). Tu sa dostávame do problému, v ktorom v prípade predikcie výsledného tlaku nemôžeme pracovať s predpokladom, že morfológia dolnej končatiny je dokonalý valec. V takom prípade platí vzťah $P = T/R$ (kde P je tlak (Pa), T napätie ($N \cdot m^{-1}$) a R polomer (m)). To znamená, že ak by výrobca uvažoval týmto spôsobom a aplikoval ho v celom úseku KP alebo KNTSL na dolnú končatinu osoby, matematický prepočet nebude zodpovedať reálnemu tlaku. V prípade vyššieho pomeru medzi napätím (T) a obvodom končatiny (C) je možné predpokladať vyššie hodnoty pôsobeného tlaku na miesto

pod kompresným návlakom. Stále je však možná a situácia, ktorá nezohľadňuje napríklad nelineárne vlastnosti natiahnutia kompresnej tkaniny alebo deformáciu, ktorá vzniká vplyvom nosenia, respektíve vplyvom základného hygienického ošetrovania (pranie). Vyššie uvedeným popisom chceme čitateľovi článku priblížiť značnú špecifickosť použitého materiálu i nutnosť výrobcu vyššie uvedené rešpektovať pri tvorbe nového produktu. Samotný výber by mal zodpovedať aspoň základnému poznaniu kompresie, meraniu lýtkového svalu v najširšom mieste. Pri začiatku používania KO doporučujeme začať s nižšou úrovňou kompresie (< 15 mmHg). Uvedené odporúčenie korešponduje so súčasnou praxou, kde športovci pri prvotných aplikáciách vysokej úrovne kompresie (> 25 mmHg) uvádzali nepríjemne subjektívne pociťovanie (A. Ali, Caine, & Snow, 2007; Born, Sperlich, & Holmberg, 2013). Následne je samozrejme možné veľkosť pôsobeného tlaku zvyšovať.

Použitie KP alebo KNTSL v praxi:

Reálne posúdenie efektu kompresie na samotný výkon a regeneráciu po skončení pohybovej aktivity je ťažké posúdiť vzhľadom k nejednotným protokolom, hodnoteným parametrom, veľkosťou kompresie (v mmHg), časovou expozíciou kompresie, testovaným súborom, resp. samotným pohybovým zaťažením a ďalšími.

V úvode sme spomínali prevalenciu a incidenciu spojenú s behom. V tejto časti je potrebné spomenúť efekt KO, ktorý môže byť považovaný za ergogénny prvok i v zmysle zníženia prevalencie a incidencie zranení v behu. V rámci zvýšenia proprioceptívnej citlivosti sú dôležitým činiteľom mechanoreceptory, ktoré sú aktivované v závislosti od stimulu. Tento koncept proprioceptívnej citlivosti je spojený so stabilitou a kontrolou kĺbu. Nedostatok proprioceptívnej citlivosti je spájaný s kĺbovou nestabilitou a následným výskytom zranení v oblasti kolena a členku (Bottoni, Herten, Kofler, Hasler, & Nachbauer, 2013; Han, Anson, Waddington, Adams, & Liu, 2015; Hrysomallis, 2007; Hertel, 2008). KP alebo KNTSL ovplyvňujú propriocepciu na základe doplnkového stimulu kožných receptorov a zvolenej kompresie. Tým pádom posunutie „prahu“, detekcie pohybu, resp. presnejšia kontrola pohybu v závislosti informačného toku z receptorov je považovaná za faktor, ktorý môže znížiť prípadný výskyt zranení. Ďalším prípadným benefitom využitia kompresie je i podklad na základe neurálneho mechanizmu. Informácie o polohe tela, veľkosti pôsobenej sily, tlaku, resp. rýchlosti sú zabezpečené na základe mechanoreceptorov lokalizovaných v koži, svaloch, ligamentách, kĺboch, ale i spojivovom tkanive. Zvýšená aktivácia týchto receptorov redukuje presynaptickú inhibíciu (Aimonetti, Vedel, Schmied, & Pagni, 2000), následne je tento efekt dôležitým aspektom výkonu, napríklad v krátkych vysoko intenzívnych pohybových činnostiach. V odbornej literatúre nachádzame štúdiu, ktorá porovnávala práve účinok KO na rovnováhové schopnosti jednotlivca (autori posudzovali predozadné a bočné vychýlenia ťažiska (COM), pôsobisko vektoru reakčnej sily podložky (COP) a takisto čas potrebný k stabilizácii pri KO a bežných voľných krátkych nohavic pri stoji na dolnej končatine po dobu 60 sekúnd). Štatisticky významnejší efekt ($p < 0,05$) bol zaznamenaný v prípade KO so zatvorenými očami v porovnaní s voľnými krátkymi nohavicami. Podobné výsledky ($p < 0,05$) nachádzame i v menších odchýlkach predozadnom a bočnom smere pri situácii so zatvorenými očami v porovnaní KO a voľných krátkych nohavic (sledovaným parametrom bol COP).

Už spomínaním faktorom v KO je veľkosť pôsobeného tlaku (v mmHg). Práve veľkosť kompresie je považovaná za rozhodujúci faktor. V nižšie uvedenom texte približujeme výsledky vybraných štúdií, ktoré hodnotia účinok kompresie pri samotnom výkone a vo fáze regenerácie vo vzťahu k pôsobenému tlaku. V štúdií (Ajmol Ali, Creasy, & Edge, 2011) sa autori zamerali na vplyv KNTSL na výkon v behu na 10 kilometrov (12 probandov; vek $33,0 \pm 10,0$ rokov; telesná výška $1,74 \pm 0,06$ m; telesná hmotnosť $68,5 \pm 6,2$ kg; VO_2 max $68,7 \pm 5,8$ ml.kg⁻¹.min⁻¹). Priemerná doba bežeckého tréningu bola medzi 7 a 16 hodinami za týždeň. V rámci hodnotených parametrov autori sledovali zmeny v hodnotách laktátu, srdcovej frekvencie, výsledného času i výšku maximálneho výskoku vo vzťahu k rozdielnym hodnotám kompresie (hodnoty medzi najužšou časťou členka a najširšou časťou lýtky boli stanovené pre 4 výskumné situácie; A - 0 mmHg/0 mmHg, B - 15 mmHg/12 mmHg, C - 21 mmHg/18 mmHg, D - 32 mmHg/23 mmHg). Autori nezaznamenali žiadny štatistický a vecne významný rozdiel vo výsled-

nom čase v súvislosti s úrovňou kompresie a ani rozdiel medzi hodnotami kompresie v úrovni laktátu (test na 10 km prebiehal na atletickej dráhe pri priemernej teplote 18 °C, 71 % vlhkosti a rýchlosti vetra 2,1 m.s⁻¹). V práci autori hodnotili i explozívnu silu dolných končatín pomocou maximálnej výšky výskoku (v cm). Autori preukázali pomocou dvojfaktorovej analýzy rozptylu signifikantne nižšie hodnoty vo výške výskoku s úrovňou kompresie v situácii A (0 mmHg/0 mmHg). Pozitívny štatistický a vecný význam bol zaznamenaný pri úrovni kompresie C – 21 mmHg/18 mm Hg (+1,76 ± 4,8 cm; $p < 0,05$; Cohen's $d = 1,03$). Uvedené zlepšenie dávame do súvislosti s práve už spomínanou propriocepciou a zníženou svalovou osciláciou. Zaujímavé výsledky nachádzame i v štúdií (Varela-Sanz, España, Carr, Boullosa, & Esteve-Lanao, 2011), kde autori skúmali vplyv KP (tlak vytvorený kompresnými podkolenkami bol v oblasti členka 15 – 22 mm Hg s klesajúcim gradientom k najširšej časti lýtkového svalu). Autori na výskumnom vzorku (10 mužov – vek 34,8 ± 7,13 rokov; telesná výška 1,75 ± 0,48 m; telesná hmotnosť 71,64 ± 8,56 kg; $\text{VO}_2 \text{ max}$ 65,87 ± 8,79 ml.kg⁻¹.min⁻¹; najlepší výkon na 10 km 37:14 ± 04:04 a 2 ženy – vek 34,00 ± 4,24 rokov; telesná výška 1,60 ± 0,99 m; telesná hmotnosť 49,60 ± 6,50 kg; $\text{VO}_2 \text{ max}$ 59,50 ± 2,12 ml.kg⁻¹.min⁻¹; najlepší výkon na 10 km 43:09 ± 00:25) zaradili 4 x 6 min zaťaženie (medzi 6 minútovým zaťažením bola 2 minútová prestávka) na bežeckom páse v intenzite 105 % z osobného najlepšieho času na 10 km. Intenzita zaťaženia vyjadrená rýchlosťou bola 17 ± 2 km.h⁻¹ (test prebiehal v laboratóriu pri teplote 24 °C, 60% vlhkosti). Autori vo výsledkoch poukazujú na štatisticky významný rozdiel v hodnotách dosiahnutia % maximálnej srdcovej frekvencie počas testu ((skupina s KP 96,00 ± 2,94 vs. skupina bez KP 99,83 ± 0,40) ($p = 0,01$)). V rámci hodnotenia ekonomiky behu autori porovnávali príjem kyslíku (VO_2 v ml.kg⁻¹.km⁻¹). Bol zistený vecne významný rozdiel ($d = 0,90$) v prípade probandov s KP a bez KP (s KP: 198,80 ± 12,87 ml.kg⁻¹.km⁻¹; bez KP: 215,00 ± 21,84 ml.kg⁻¹.km⁻¹; $d = 0,90$). Toto zistenie považujeme za dôležité vzhľadom k zistenej skutočnosti, ktorá poukazuje na efektívnejšiu utilizáciu svalov kyslíkom. Avšak k jednoznačnému vplyvu práve kompresie na efektívnejšiu utilizáciu svalu kyslíkom sú potrebné ďalšie štúdie. V práci autori rovnako zisťovali a porovnávali hodnoty laktátu po skončení každého 6 minútového zaťaženia, avšak na základe výsledkov konštatujeme, že v prípade zaťaženia s KP, resp. bez KP nebola zistená vecná a ani štatisticky významná zmena. V rámci reálneho posúdenia vplyvu KP na ekonomiku behu nachádzame ďalšiu štúdiu (Bringard, Perrey, & Belluye, 2006), ktorá porovnávala situáciu bez KP, s KP a elastických krátkych nohavíc. Je nutné však zdôrazniť, že autori nepopisujú pre nás kľúčový parameter a to veľkosť prípadnej kompresie (autori pri KP uvádzajú iba materiál a jeho percentuálne zastúpenie – 80 % polyester and 20 % elasthan). Štúdia bola realizovaná v dvoch skupinách, kde v prvej skupine (6 mužov – vek 31,2 ± 5,4 rokov; telesná výška 1,77 ± 0,66 m; telesná hmotnosť 66,0 ± 8,8 kg) probandi absolvovali beh na 200 metrovej atletickej dráhe v intenzite 10, 12, 14, 16 km.h⁻¹. Každý stupeň intenzity bol v trvaní 3 minúty. Minútová ventilácia bola hodnotená dych po dychu telemetrickým metabolickým systémom (COSMED K4b2). Autori predpokladali v tejto skupine nižšie energetické nároky (v ml O₂.kg⁻¹.m⁻¹) pri situácii s KP. Signifikantne významná zmena však nastala iba pri rýchlosti 12 km.h⁻¹. V protiklade tomuto zisteniu nachádzame štúdiu (Sperlich et al., 2010), ktorá potvrdila práve signifikantne zlepšenie práve pri maximálnej novej intenzite zaťaženia na bežiacom páse (určené podľa záťažového testu do *Vita maxima*). V druhej skupine bežcov (6 mužov – vek 26,7 ± 2,9 rokov; telesná výška 1,79 ± 0,72 m; telesná hmotnosť 68,7 ± 10,6 kg) autori chceli zistiť zmeny v pomalej komponente zotavovacieho kyslíku pri zaťažení na úrovni 80 % $\text{VO}_{2\text{max}}$ v časovom trvaní 15 minút (pomalá komponenta zotavovacieho kyslíku vyjadrená v ml. min⁻¹ bola určená ako rozdiel medzi 15tou a 2 minútovou zaťaženia v prijatom O₂). Výsledky signifikantne potvrdzujú pokles pomalej komponenty zotavovacieho kyslíku o 26 a 36 % pri situácii s KP v porovnaní s elastickými krátkymi nohavicami a bez KP. Toto zistenie môže evokovať vzájomnú súvislosť práve s KP. V prácach ďalších autorov nachádzame konštatovanie o nesignifikantnej zmene času, koncentrácie laktátu pri výkone s KP (tlak v oblasti členkového kĺbu bol v rozmedzí 18–25 mmHg, aplikácia KP bola vo vzdialenosti od 15,6–42,195 km) (Areces et al., 2015; Vercruyssen et al., 2014; Bieuzen et al., 2014).

Ďalšími často hodnotenými parametrami v súvislosti s hodnoteným efektu KO, sú subjektívne pocity bolesti po skončení výkonu, schopnosť absolvovať ďalšie rovnaké zaťaženie, hladina krea-

tinkinázy, rozsah pohybu, respiračný kvocient na úrovni anaeróbného prahu a iné. I v tejto súvislosti zdôrazňujeme potrebu poznania tlaku KO v prípade posúdenia vyššie uvedených parametrov. V prácach nachádzame pomerne veľkú snahu o vytvorenie intervalov tlaku, ktoré vzhľadom k vyššie uvedeným môžu vyvolať pozitívnu zmenu. I keď opäť zdôrazňujeme pravdepodobne nemožnosť presného stanovenia, uvádzame tieto tvrdenia na základe odborných štúdií s cieľom priblíženia problému čitateľovi. V prácach (Lattimer, Azzam, Kalodiki, Makris, & Geroulakos, 2013; Weiss & Duffy, 1999) autori uvádzajú rozmedzie tlaku < 15 mmHg je efektívnejšie ako rozmedzie tlaku 15–20 mmHg na vyššie uvedené parametre. Na druhej strane podobným problémom sa zaoberal i kolektív autorov (Liu, Lao, Kwok, Li, & Ying, 2008), ktorí práve pozitívnu zmenu potvrdili pri rozmedzí tlaku 25,1 – 32,1 mmHg.

Štatisticky významne zlepšenie, resp. nezhoršenie výkonu v opakovanom 40 metrovom šprinte, 3 km behu potvrdzujú viaceré štúdie (Hamlin et al., 2012; Jakeman, Byrne, & Eston, 2010). V týchto prípadoch autori aplikovali veľkosť kompresie v oblasti lýtkového svalu v rozmedzí od 9,3 do 20,5 mmHg. Na druhej strane rozporuplné zistenie dokumentujú štúdie, ktoré hodnotili oneskorený nástup svalovej bolestivosti (DOMS) pri vytrvalostných behoch. Pozitívnu zmenu v zmysle nižšieho pocitu subjektívneho vnímania bolestivosti nachádzame v štúdiách (Jakeman et al., 2010; Chatard et al., 2004). Naproti tomu opačné výsledky v zmysle rovnakého vnímania bolestivosti potvrdila štúdia (Driller & Halson, 2013). I na základe tohto dokumentujeme špecifickú rozdielnosť testovacích protokolov s cieľom posúdenia efektu KO. V tomto ohľade nachádzame hneď niekoľko prác, ktoré porovnávajú efekt s ďalšími vybranými regeneračnými postupmi, resp. kombinujú medzi sebou. Zaujímavé zistenia prináša štúdia (Hiruma, Umimura, Naito, & Katamoto, 2014), ktorá porovnáva účinky kompresie v oblasti lýtkového svalu a masáže (trenie; 50 opakovaní v smere od členkového kĺbu k podkolennej jamke; masáž aplikovaná bezprostredne po výkone). Autori si za intervenčný činiteľ zvolili vykonanie maximálneho možného počtu výponov v stoj (Probandi začínali v stoj na 30 cm vyvýšenej podložke s oboma prednými časťami chodidiel v kontakte s podložkou. Stredné časti chodidla a päty sa nachádzali mimo podložku. Proband musel vykonať jeden výpon každé 3 sekundy až do vyčerpania). V štúdiu participovalo 14 žien (vek $21,1 \pm 1,3$ rokov; telesná výška $1,58 \pm 6,22$ m; telesná hmotnosť $56,29 \pm 10,13$ kg), ktoré boli náhodne rozdelené do experimentálnej a kontrolnej skupiny. Intervencia prebiehala vždy po 24 hodinách počas 3 dní a v nasledujúcich 7 dňoch boli zisťované parametre – hodnota kreatinkinázy, obvod lýtky, subjektívne vnímanie bolesti a zmeny v hodnotenom výkonovom parametre (skok do diaľky z miesta z jednej dolnej končatiny). Výsledky poukazujú na štatisticky nižšie vnímanie bolesti a zlepšenie výkonu v skoku do diaľky z miesta o 5–10 % ($p < 0,05$) v experimentálnej skupine (kompresia + masáž). V experimentálnej skupine rovnako boli zaznamenané signifikantné zmeny ($p < 0,05$) po 3-dňovej intervencii v 1., 2., 4. a 5. dni v hodnotenom parametre obvod lýtkového svalu v najširšom mieste. Najvýraznejšie zmeny však boli zaznamenané v subjektívnom vnímaní bolesti už v post-teste v 2. a 3. dni intervencie práve v experimentálnej skupine ($p < 0,001$). Preto je možné predpokladať, že medzi subjektívnym vnímaním bolesti a dĺžkou skoku z jednej dolnej končatiny bude silný vzájomný vzťah. Negatívom a faktorom, ktorý znižuje celkovú validitu tejto štúdie zostáva skutočnosť, že nie je možné jednoznačne povedať, ktorý z uvedených prístupov (kompresia alebo masáž) spôsobila signifikantné zmeny v experimentálnej skupine.

Nemenej dôležitou súčasťou KO nie je len efekt počas pohybovej aktivity. V tomto smere proklamovaným benefitom je i efekt nosenia vo fáze regenerácie bezprostredne po skončení výkonu. Čas expozície býva rovnako diskutovaným činiteľom ovplyvňujúcim potenciálny benefit KO. V literatúre nachádzame značne rozdielne hodnoty od 15 minút až do 48 hodín po skončení výkonu (Ménétrier, Mourot, Bouhaddi, Regnard, & Tordi, 2011; Trenell, Rooney, Sue, & Thompsen, 2006). Pri veľkosti pôsobenej kompresie považujeme čas nosenia KP/ KNTSL za jeden z hlavných determinantov, ktorý ovplyvňuje napríklad post merania biologických, respektíve výkonových parametrov. Na druhej strane takisto chceme spomenúť i psychologický efekt KO hlavne na vnímanie pozáťažovej bolestivosti a následnej ďalšej pohybovej aktivity. V tomto kontexte nachádzame štúdiu, ktorá nám

toto potvrdzuje (Chan, Duffield, & Watsford, 2016). Psychické rozpoloženie športovca pred samotným pretekom je kľúčové z hľadiska dosiahnutia stanoveného cieľa.

ZÁVER

KO je v súčasnosti rozšíreným produktom využívaným u rekreačných, ale i vrcholových športovcov. Výrobcovia KO s výrazným, ale hlavne s ekonomickým cieľom produkujú veľké množstvo produktov KP alebo KNTSL. Preto v tejto oblasti chceme upozorniť odbornú i laickú verejnosť na množstvo tzv. *kompresných produktov*, ktoré s cieľnou a merateľnou kompresiou nemajú nič spoločné. V odbornej literatúre sú v súčasnosti popisované dva účinky (zvýšenie žilného prietoku a redukcia svalových oscilácií), ktoré do výkonu výrazne zasahujú a môžu ho ovplyvňovať. K overeniu a praktickému využitiu je potrebné realizovať ďalšie výskumy zamerané na určenie tých premenných, ktoré sú najviac konzistentné pod vplyvom kompresie. Na základe zistených skutočností konštatujeme značne rozporuplné zistenia, kde na jednej strane nachádzame výrazný benefit KO v športovej praxi ((rýchlejšia regenerácia v prestávke neskončeného výkonu, pokles vybraných biochemických ukazovateľov (La, kreatínkináza), psychologický účinok, biomechanický účinok kompresného oblečenia v rovine zvýšenia momentu sily v porovnaní so situáciou bez kompresie a iné)). Na druhej strane celá rada štúdií konštatuje žiadny alebo minimálny efekt na športový výkon a regeneráciu. To môže byť samozrejme spôsobené viacerými faktormi, ako napríklad veľkosť pôsobeného tlaku. V názvu článku uvádzame otázku týkajúcu sa použitia KO pre bežcov. Odpoveď je však stále nejednoznačná, ale sme presvedčení o benefite hlavne v psychickej rovine.

Ďalší výskumný zámer vidíme hlavne v snahe určenia optimálneho tlaku pre výkon, resp. pre regeneráciu. Uvedený zámer nám logicky nadväzuje na zistenie, ak rozdielne kompresné tlaky vykazujú v sledovaných parametroch rozdielne výsledky, potom pravdepodobne bude existovať akýsi zlatý štandard voľby tlaku v závislosti od druhu vykonávanej PA.

Literatúra

- Aimonetti, J.-M., Vedel, J.-P., Schmied, A., & Pagni, S. (2000). Task dependence of Ia presynaptic inhibition in human wrist extensor muscles: a single motor unit study. *Clinical Neurophysiology*, 111(7), 1165–1174. [http://doi.org/10.1016/S1388-2457\(00\)00293-5](http://doi.org/10.1016/S1388-2457(00)00293-5)
- Ali, A., Caine, M. P., & Snow, B. G. (2007). Graduated compression stockings: physiological and perceptual responses during and after exercise. *Journal of Sports Sciences*, 25(4), 413–419. <http://doi.org/10.1080/02640410600718376>
- Ali, A., Creasy, R. H., & Edge, J. A. (2011). The effect of graduated compression stockings on running performance. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 25(5), 1385–1392. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d6848e>
- Areces, F., Salinero, J. J., Abian-Vicen, J., González-Millán, C., Ruiz-Vicente, D., Lara, B., ... Del Coso, J. (2015). The use of compression stockings during a marathon competition to reduce exercise-induced muscle damage: are they really useful? *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 45(6), 462–470. <http://doi.org/10.2519/jospt.2015.5863>
- Bieuzen, F., Brisswalter, J., Easthope, C., Vercruyssen, F., Bernard, T., & Hausswirth, C. (2014). Effect of wearing compression stockings on recovery after mild exercise-induced muscle damage. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(2), 256–264. <http://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0126>
- Born, D.-P., Sperlich, B., & Holmberg, H.-C. (2013). Bringing light into the dark: effects of compression clothing on performance and recovery. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(1), 4–18.
- Bottoni, G., Herten, A., Kofler, P., Hasler, M., & Nachbauer, W. (2013). The effect of knee brace and knee sleeve on the proprioception of the knee in young non-professional healthy sportsmen. *The Knee*, 20(6), 490–492. <http://doi.org/10.1016/j.knee.2013.05.001>
- Bovenschen, H. J., Booij, M. T., & van der Vleuten, C. J. M. (2013). Graduated compression stockings for runners: friend, foe, or fake? *Journal of Athletic Training*, 48(2), 226–232. <http://doi.org/10.4085/1062-6050-48.1.26>
- Bringard, A., Perrey, S., & Belluye, N. (2006). Aerobic energy cost and sensation responses during submaximal running exercise—positive effects of wearing compression tights. *International Journal of Sports Medicine*, 27(5), 373–378.
- Buist, I., Bredeweg, S. W., Lemmink, K. A. P. M., van Mechelen, W., & Diercks, R. L. (2010). Predictors of running-related injuries in novice runners enrolled in a systematic training program: a prospective cohort study. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(2), 273–280. <http://doi.org/10.1177/0363546509347985>

- Chan, V., Duffield, R., & Watsford, M. (2016). The effects of compression garments on performance of prolonged manual-labour exercise and recovery. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme*, 41(2), 125–132. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0335>
- Dias, T., Yahathugoda, D., Fernando, A., & Mukhopadhyay, S. K. (2003). Modelling the Interface Pressure Applied by Knitted Structures Designed for Medical-textile Applications. *The Journal of The Textile Institute*, 94(3–4), 77–86. <http://doi.org/10.1080/00405000308630630>
- Doan, B. K., Kwon, Y.-H., Newton, R. U., Shim, J., Popper, E. M., Rogers, R. A., ... Kraemer, W. J. (2003). Evaluation of a lower-body compression garment. *Journal of Sports Sciences*, 21(8), 601–610. <http://doi.org/10.1080/0264041031000101971>
- Driller, M. W., & Halson, S. L. (2013). The effects of wearing lower body compression garments during a cycling performance test. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(3), 300–306.
- Ferber, R., Davis, I. M., & Williams, D. S. (2003). Gender differences in lower extremity mechanics during running. *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 18(4), 350–357.
- French, D. N., Thompson, K. G., Garland, S. W., Barnes, C. A., Portas, M. D., Hood, P. E., & Wilkes, G. (2008). The effects of contrast bathing and compression therapy on muscular performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(7), 1297–1306. <http://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31816b10d5>
- Hamlin, M. J., Mitchell, C. J., Ward, F. D., Draper, N., Shearman, J. P., & Kimber, N. E. (2012). Effect of compression garments on short-term recovery of repeated sprint and 3-km running performance in rugby union players. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 26(11), 2975–2982. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182711e0b>
- Han, J., Anson, J., Waddington, G., Adams, R., & Liu, Y. (2015). The Role of Ankle Proprioception for Balance Control in relation to Sports Performance and Injury. *BioMed Research International*, 2015, 842804. <http://doi.org/10.1155/2015/842804>
- Hertel, J. (2008). Sensorimotor deficits with ankle sprains and chronic ankle instability. *Clinics in Sports Medicine*, 27(3), 353–370, vii. <http://doi.org/10.1016/j.csm.2008.03.006>
- Hiruma, E., Umimura, M., Naito, H., & Katamoto, S. (2014). Effects of massage and compression treatment on performance in three consecutive days. *Medical Express*, 1(6). <http://doi.org/10.5935/MedicalExpress.2014.06.07>
- Hrysomallis, C. (2007). Relationship between balance ability, training and sports injury risk. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 37(6), 547–556.
- Chatard, J.-C., Atlaoui, D., Farjanel, J., Louisy, F., Rastel, D., & Guézennec, C.-Y. (2004). Elastic stockings, performance and leg pain recovery in 63-year-old sportsmen. *European Journal of Applied Physiology*, 93(3), 347–352. <http://doi.org/10.1007/s00421-004-1163-9>
- Jakeman, J. R., Byrne, C., & Eston, R. G. (2010). Efficacy of Lower Limb Compression and Combined Treatment of Manual Massage and Lower Limb Compression on Symptoms of Exercise-Induced Muscle Damage in Women: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(11), 3157–3165. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e4f80c>
- Kraemer, W. J., Flanagan, S. D., Comstock, B. A., Fragala, M. S., Earp, J. E., Dunn-Lewis, C., ... Maresch, C. M. (2010). Effects of a whole body compression garment on markers of recovery after a heavy resistance workout in men and women. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 24(3), 804–814. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d33025>
- Lattimer, C. R., Azzam, M., Kalodiki, E., Makris, G. C., & Geroulakos, G. (2013). Compression stockings significantly improve hemodynamic performance in post-thrombotic syndrome irrespective of class or length. *Journal of Vascular Surgery*, 58(1), 158–165. <http://doi.org/10.1016/j.jvs.2013.01.003>
- Liu, R., Lao, T. T., Kwok, Y. L., Li, Y., & Ying, M. T.-C. (2008). Effects of graduated compression stockings with different pressure profiles on lower-limb venous structures and haemodynamics. *Advances in Therapy*, 25(5), 465–478. <http://doi.org/10.1007/s12325-008-0058-2>
- McCormick, F., Nwachukwu, B. U., & Provencher, M. T. (2012). Stress Fractures in Runners. *Clinics in Sports Medicine*, 31(2), 291–306. <http://doi.org/10.1016/j.csm.2011.09.012>
- Meissner, M. H. (2005). Lower Extremity Venous Anatomy. *Seminars in Interventional Radiology*, 22(3), 147–156. <http://doi.org/10.1055/s-2005-921948>
- Ménétrier, A., Mourot, L., Bouhaddi, M., Regnard, J., & Tordi, N. (2011). Compression sleeves increase tissue oxygen saturation but not running performance. *International Journal of Sports Medicine*, 32(11), 864–868. <http://doi.org/10.1055/s-0031-1283181>
- Moffat, D. B. (1990). The Return of Blood to the Heart: Venous Pumps in Health and Disease. *Journal of Anatomy*, 173, 195.
- O'Meara, S., Cullum, N., Nelson, E. A., & Dumville, J. C. (2012). Compression for venous leg ulcers. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 11, CD000265. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000265.pub3>
- Orchard, J., Seward, H., McGivern, J., & Hood, S. (2001). Intrinsic and extrinsic risk factors for anterior cruciate ligament injury in Australian footballers. *The American Journal of Sports Medicine*, 29(2), 196–200.
- Pascarella, L., & Shortell, C. K. (2015). Medical management of venous ulcers. *Seminars in Vascular Surgery*, 28(1), 21–28. <https://doi.org/10.1053/j.semvascsurg.2015.06.001>
- Sako, T. (2010). The effect of endurance training on resting oxygen stores in muscle evaluated by near infrared continuous wave spectroscopy. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 662, 341–346. http://doi.org/10.1007/978-1-4419-1241-1_49

- Sako, T., Hamaoka, T., Higuchi, H., Kurosawa, Y., & Katsumura, T. (2001). Validity of NIR spectroscopy for quantitatively measuring muscle oxidative metabolic rate in exercise. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 90(1), 338–344.
- Satterthwaite, P., Norton, R., Larmer, P., & Robinson, E. (1999). Risk factors for injuries and other health problems sustained in a marathon. *British Journal of Sports Medicine*, 33(1), 22–26.
- Sperlich, B., Haeghele, M., Achtzehn, S., Linville, J., Holmberg, H.-C., & Mester, J. (2010). Different types of compression clothing do not increase sub-maximal and maximal endurance performance in well-trained athletes. *Journal of Sports Sciences*, 28(6), 609–614. <http://doi.org/10.1080/02640410903582768>
- Taunton, J. E., Ryan, M. B., Clement, D. B., McKenzie, D. C., Lloyd-Smith, D. R., & Zumbo, B. D. (2002). A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 36(2), 95–101.
- Trenell, M. I., Rooney, K. B., Sue, C. M., & Thompspon, C. H. (2006). Compression Garments and Recovery from Eccentric Exercise: A (31)P-MRS Study. *Journal of Sports Science & Medicine*, 5(1), 106–114.
- van Gent, R. N., Siem, D., van Middelkoop, M., van Os, A. G., Bierma-Zeinstra, S. M. A., & Koes, B. W. (2007). Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, 41(8), 469–480; discussion 480. <http://doi.org/10.1136/bjsm.2006.033548>
- Van Middelkoop, M., Kolkman, J., Van Ochten, J., Bierma-Zeinstra, S. M. A., & Koes, B. (2008). Prevalence and incidence of lower extremity injuries in male marathon runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 18(2), 140–144. <http://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2007.00683.x>
- Varela-Sanz, A., España, J., Carr, N., Boulosa, D. A., & Esteve-Lanao, J. (2011). Effects of gradual-elastic compression stockings on running economy, kinematics, and performance in runners. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 25(10), 2902–2910. <http://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31820f5049>
- Vercruyssen, F., Easthope, C., Bernard, T., Hauswirth, C., Bieuzen, F., Gruet, M., & Brisswalter, J. (2014). The influence of wearing compression stockings on performance indicators and physiological responses following a prolonged trail running exercise. *European Journal of Sport Science*, 14(2), 144–150. <http://doi.org/10.1080/17461391.2012.730062>
- Videbæk, S., Bueno, A. M., Nielsen, R. O., & Rasmussen, S. (2015). Incidence of Running-Related Injuries Per 1000 h of running in Different Types of Runners: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine (Auckland, N. Z.)*, 45(7), 1017–1026. <http://doi.org/10.1007/s40279-015-0333-8>
- Weiss, R. A., & Duffy, D. (1999). Clinical Benefits of Lightweight Compression: Reduction of Venous-Related Symptoms by Ready-to-Wear Lightweight Gradient Compression Hosiery. *Dermatologic Surgery*, 25(9), 701–704. <http://doi.org/10.1046/j.1524-4725.1999.99064.x>

Corresponding author

Mgr. Ivan Struhár, Ph.D.

Faculty of Sports Studies, Masaryk University, Brno, Czech Republic

struhar@fsps.muni.cz